Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 5, Dec- Jan 2021, p. 673-689

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۵، آذر- دی ۱۴۰۰، ص.۶۸۹-۶۷۳

مقاله پژوهشی

بررسی تاثیر شرایط برشته کردن و بسته‌بندی بر ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی مغز بادام کوهی رقم *Amygdalus scoparia* L. طی دوره نگهداری

مریم السادات ناظمی[۱]- سارا انصاری[۲]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۰۴

چکیده

بادام کوهی (*Amygdalus scoparia L.*) و به‌ویژه نوع برشته آن یکی از دانه‌های آجیلی حساس به اکسیداسیون است که استفاده از بسته‌بندی مناسب موجب حفاظت این دانه آجیلی از اکسیژن، افزایش زمان ماندگاری و کیفیت آن می‌گردد. در این تحقیق تأثیر درجه برشته کردن (برشتگی روشن در ۵۰ درجه سلسیوس/ ۶۰ دقیقه، برشتگی متوسط در ۱۰۰ درجه سلسیوس/ ۴۵ دقیقه و برشتگی تیره در ۲۰۰ درجه سلسیوس/ ۳۰ دقیقه) و همچنین وجود/ عدم وجود گاز ازت در دو نوع بسته‌بندی پلی‌اتیلن و OPP-CPP (پلی‌پروپیلن خطی شده/ پلی‌پروپیلن) در طول دو ماه نگهداری در ۳۷ درجه سلسیوس مورد بررسی قرار گرفت. تاثیر تیمارهای مورد اشاره بر فاکتورهای محتوای رطوبت و چربی، سفتی بافت، میزان اندیس پراکسید، تری‌ان مزدوج، ترکیب اسید چرب و ویژگی‌های حسی مغز بادام کوهی در قالب طرح کاملا تصادفی فاکتوریل بررسی شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات مستقل شرایط برشته کردن، بسته‌بندی و زمان نگهداری و برهمکنش شرایط برشته کردن و زمان نگهداری بر پارامترهای مورد اشاره در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. به‌علاوه برشته کردن در دمای بالاتر موجب کاهش معنی‌داری میزان رطوبت و سفتی بافت و افزایش معنی‌داری میزان چربی، پروتئین، فیبر، اندیس پراکسید و K_{268} روغن گردید. هر چند افزایش پروتئین و K_{268} برای نمونه‌های برشته شده در دماهای ۱۰۰ و ۵۰ و افزایش فیبر برای نمونه‌های برشته شده در دماهای ۱۰۰ و ۲۰۰ معنی‌دار نبود. بررسی روند تغییرات اسیدهای چرب نیز نشان داد که با برشته کردن در دمای بالاتر تنها میزان پالمتیک اسید به‌طور معنی‌داری افزایش و میزان استئاریک اسید کاهش معنی‌داری یافت. همچنین با افزایش مدت زمان نگهداری میزان فیبر، چربی و پروتئین در ماه اول بطور قابل ملاحظه ای افزایش و پس از آن بسرعت کاهش یافت؛ این در حالی است که اندیس پراکسید و K_{268} در طول دو ماه نگهداری افزایش معنی‌داری و رطوبت و سفتی بافت کاهش معنی‌داری نشان داد. در هر دمای برشته کردن بسته‌بندی‌های حاوی گاز ازت اندیس پراکسید و K_{268} کمتری داشتند که در این رابطه و همچنین حفظ رطوبت، چربی، پروتئین، فیبر و بافت بادام کوهی برشته شده بسته‌های OPP-CPP عملکرد بهتری داشتند. در انتهای دوره نگهداری نمونه برشته شده در ۲۰۰ درجه سلسیوس و بسته‌بندی شده با پلی اتیلن/اتمسفر معمولی با اندیس پراکسید (meq o_2/kg oil) ۲۴/۶ و K_{268} ۱/۹۲ ناپایدارترین و نمونه برشته شده در ۵۰ درجه سلسیوس و بسته‌بندی شده با OPP-CPP/ گاز ازت با اندس پراکسید (meq o_2/kg oil) ۵/۳ و K_{268} ۱/۵۷ پایدارترین نمونه در برابر اکسیداسیون بودند. بنابر نتایج آنالیز حسی نیز بیشترین امتیاز پذیرش کلی مربوط به نمونه‌های برشته شده در دمای ۱۰۰ درجه برای ۴۵ دقیقه بود.

واژه‌های کلیدی: تیمار حرارتی، بسته‌بندی، بادام وحشی، خواص کیفی، اکسیداسیون

مقدمه

بادام (*Prunus amygdalus*) از محبوب‌ترین آجیل‌های درختی جهان است که می‌تواند بر سلامتی و تغذیه انسان مفید باشد. علاوه بر ارقام معمولی بادام، بیش از سی گونه بادام وحشی در جهان وجود دارد که حدود بیست گونه در ایران گزارش شده است (Moayedi *et al*,. 2011). بادام وحشی (*Amygdalus scoparia*) یا بادامک (بادام کوهی) که تحت عنوان الوک یا مجک نیز شناخته می‌شود، یکی از گونه‌های بومی بادام است که معمولاً در مناطق جنوبی ایران یافت می‌شود. این ماده می‌تواند به‌عنوان روغن خوراکی و یا مغز پس از تلخی‌زدایی استفاده شود. بادام کوهی، علاوه بر ارزش خود به‌عنوان منبع غذایی، کاربردهای گسترده‌ای در داروهایی مانند آنتی‌بیوتیک، ضدالتهاب، ضدباکتری و ملین دارد (Kermanshah *et al.*, 2014). روغن مغز بادام کوهی به‌طور کلی غنی از هر دو اسیدچرب اسید اولئیک (به‌عنوان اسیدهای چرب تک غیراشباع[۳] و اسید لینولئیک (به‌عنوان تنها

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: ansari@kau.ac.ir)

DOI: 10.22067/ifstrj.v17i5.85962
3 Monounsaturated fatty acids (MUFA)

اسید چرب چند غیراشباع[1] است. علاوه بر این، نسبت MUFA به PUFA در روغن آن (همچنین گونه‌های بادام معمولی) در مقادیر بالاتر از روغن‌های گیاهی رایج مانند سویا، روغن‌های مغزی[2] مختلف، روغن هسته انار، انگور، خرما و کنجد می‌باشد (Moayedi *et al.*, 2011). به دلیل دارا بودن مقدار زیاد اسیدهای چرب غیراشباع و وجود ریبوفلاوین به‌عنوان یک حساس‌کننده نوری[3]، اکسیداسیون خودبه‌خودی عامل اصلی ایجاد طعم نامطلوب در بادام و همچنین گونه‌های وحشی بادام است (Mexis *et al.*, 2009).

غلظت اکسیژن یکی از مهمترین فاکتورهای خارجی موثر بر اکسیداسیون لیپید مغزها است. علاوه بر آن دمای نگهداری و نور نیز در این زمینه بسیار تاثیرگذار هستند. در حال حاضر تحقیقات متعددی در زمینه مواد و فن‌آوری‌های مناسب بسته‌بندی برای افزایش ماندگاری مغز بادام انجام شده است (Severini *et al.*, 2003; Mexis and Kontominas, 2010; Padehban *et al.*, 2018). صداقت و پژوهان‌مهر (۱۳۹۳) با مطالعه بسته‌بندی‌های مختلف، کیسه سه لایه پلاستیکی PET/AL/LLDPE با ضخامت ۹۰ میکرون تحت خلأ را بهترین نوع بسته‌بندی برای مغز بادام وحشی به‌خصوص طی دوره نگهداری در ۵۰ درجه سانتی گراد معرفی کردند. Sanchez-Bel و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی اثر بسته‌بندی با گاز نیتروژن یا هوا بر کیفیت بادام پوست کنده و برشته شده طی انبارداری در ۲۱ درجه سلسیوس نشان دادند که تنها بخش چربی دانه تغییرات معنی‌داری را با توجه به نوع اتمسفر بسته‌بندی نشان داد و میزان اکسیداسیون لیپیدها درنمونه‌های بسته‌بندی شده در ازت کمتر بود (Sanchez-Bel *et al.*, 2011). بر اساس تحقیقات Padehban و همکاران (۲۰۱۸) دمای نگهداری (۴، ۲۵ و ۳۵ درجه)، نوع اتمسفر (دی اکسید کربن، خلاو هوا) و زمان تاثیر معنی‌داری بر تغییرات هیدرولیز و پایداری اکسیداسیون روغن بادام کوهی و ویژگی‌های فیزیکی دانه دارند و استفاده همزمان از بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح یافته[4] (و پس از آن خلا) و دمای پایین جهت حفظ کیفیت محصول طی نگهداری ضروری است.

بادام به‌صورت خام یا ترجیحاً برشته شده مصرف می‌شود. هدف اصلی از برشته کردن بهبود طعم، رنگ، بافت، ویژگی‌های حسی و ظاهر محصول به‌دلیل وقوع واکنش‌های شیمیایی و حرارتی متعدد است. در نتیجه برشته کردن غلظت ترکیبات آروماتیک فرار متعدد از طریق واکنش میلارد و اکسیداسیون لیپیدها افزایش می‌یابد. علاوه بر این برشته کردن با ایجاد بافت ترد و شکننده در بادام، قابلیت پذیرش آن از نظر مصرف کننده را افزایش می‌دهد. برشته کردن خشک به دو روش همرفتی[5] (نظیر هوای داغ) و اشعه‌دهی (نظیر مایکروویو) انجام می‌شود. در روش همرفتی که فرایند برشته کردن معمول حرارتی است بادام در هوای داغ ۱۰۰ تا ۱۸۰ درجه سلسیوس برای ۵ تا ۶۰ دقیقه حرارت داده می‌شود (Hojjati *et al.*, 2016). Yang و همکاران (۲۰۱۰) در مقایسه روش‌های مختلف برشته کردن بدین نتیجه رسیدند که استفاده از ترکیب همزمان مادون قرمز و هوای داغ موجب کاهش زمان برشته کردن و تولید بادام‌های پاستوریزه با درجه زیاد و متوسط برشتگی گردید (Yang *et al.*, 2010). بر اساس تحقیقات مختاری و ضیایی‌فر (۱۳۹۷) استفاده از برشته‌کن مادون قرمز با توان ۲۰۰ وات و زمان ۱۵ دقیقه، هوای داغ با دمای ۱۶۰ درجه سلسیوس و زمان ۳۵ دقیقه و سرخ کردن در دمای ۱۶۰ درجه سلسیوس و مدت زمان ۲۵ دقیقه به‌ترتیب سه روش مناسب برای برشته کردن مغز بادام کوهی بودند (مختاری و ضیائی فر، ۱۳۹۷). حجتی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که برشته کردن بادام وحشی توسط مایکروویو (۴۸۰ وات برای ۳ تا ۴ دقیقه) موجب تولید محصولی با کیفیت فیزیکوشیمیایی (رنگ تیره با مقادیر بالای ترکیبات فرار) و حسی مطلوب گردید (Hojjati *et al.*, 2016). Chodar Moghadas و Rezaei (۲۰۱۷) در بهینه‌سازی فرایند استخراج روغن از بادام وحشی برشته شده بدین نتیجه دست یافتند که استفاده از دمای برشته شدن ۱۴۲ درجه برای ۱۶/۵ دقیقه، pH استخراج ۵/۶۷ و زمان استخراج ۴/۶ ساعت، علی‌رغم بازدهی کمتر منجر به استخراج روغنی با کیفیت بهتر نسبت به روش معمول استخراج با حلال شد (Chodar Moghadas and Rezaei, 2017).

هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر شرایط برشته کردن و ترکیب گازی بسته‌بندی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی مغز بادام کوهی طی دوره نگهداری می باشد.

مواد و روش‌ها

مغز بادام کوهی رقم *Amygdalus scoparia* L. از منطقه دشت ارژن در استان فارس (ایران) جمع‌آوری شد. مواد بسته‌بندی مورد استفاده شامل فیلم پلی‌اتیلنی با دانسیته پایین به ضخامت تقریبی ۷۰ تا ۷۵ میکرون و فیلم دو لایه OPP-CPP (پلی‌پروپیلن خطی شده/ پلی‌پروپیلن) با ضخامت‌های ۲۵ و ۵۰ میکرون که از شرکت شیراز نایلون تهیه گردیدند. کلیه حلال‌ها و مواد شیمیایی مورد استفاده مخصوص آنالیز شیمیایی و از شرکت مرک آلمان خریداری شد.

آماده‌سازی مغز بادام کوهی

پس از چندین مرحله بوجاری، مغزهای بادام کوهی با ابعاد تقریبی یکسان (طول ۰/۱۵ ±۱۳/۷ میلی‌متر، عرض ۰/۸۵ ±۹/۵ میلی‌متر و ضخامت ۰/۹۶ ±۴/۲۵ میلی‌متر) برای انجام آزمایش انتخاب گردید.

1 Polyunsaturated fatty acids (PUFA)
2 Nut oil
3 Photosensitizer
4 Modified atmosphere packaging (MAP)
5 Convection

میزان دانسیته توده‌ای دانه ها ۰/۰۲ ±۰/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. جهت تلخی‌زدایی نمونه‌ها برای سه روز متوالی به مدت دوازده ساعت در آب نمک ۴ تا ۶ درصد قرار گرفت. پس از خارج کردن نمونه‌ها از آب نمک، توسط فیلتر پارچه‌ای آب نمک سطحی آنها گرفته شد و در ادامه فرایند برشته کردن بر روی مغز بادام کوهی‌ها انجام شد.

برشته کردن و بسته‌بندی

مقدار معینی از مغز بادام تلخی‌زدایی شده تحت شرایط زیر در برشته‌کن آزمایشگاهی (SSN-2004x، صنعت سازان نام‌آور، ایران) مجهز به سنسور کنترل دما و فن جهت توزیع یکنواخت هوای داغ برشته شدند: دمای ۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۶۰ دقیقه (برشتگی روشن) و ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۵ دقیقه (برشتگی متوسط) و ۲۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه (برشتگی تیره). نمونه‌های برشته شده پس از سرد شدن تا دمای اتاق، در بسته‌های ۱۰۰ گرمی ۱۰ در ۱۵ سانتی‌متری با استفاده از اتمسفر هوا (در پوشش‌های پلی‌اتیلنی شفاف) و اتمسفر اصلاح‌یافته حاوی گاز ازت ۹۸ درصد (در پوشش‌های پلی‌اتیلنی و OPP-CPP شفاف) با استفاده از دستگاه بسته‌بندی با تزریق گاز (SM-Z600-2SB، شادمهر، ایران) بسته‌بندی شدند. فشار نسبی گاز ازت طی فرایند بسته‌بندی ۷۰ کیلوپاسکال بود. از هر نمونه سه تکرار تهیه گردید که بعد از کدزنی به مدت ۲ ماه در دمای ۳۷ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷ تا ۸ درصد (محلول نمک فوق اشباع بromید روی) نگهداری شدند. نمونه‌گیری در فواصل زمانی معین هر یک ماه یکبار انجام گرفت.

ترکیب شیمیایی دانه

اندازه‌گیری رطوبت دانه‌ها با حرارت‌دهی نمونه‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت، اندازه‌گیری روغن دانه‌ها به روش سوکسله، اندازه‌گیری پروتئین به روش کلدال و اندازه‌گیری فیبر به روش وزنی شیمیایی انجام شد (AOAC, 2003).

استخراج روغن

روغن از مغز بادام وحشی طبق روش Padehban و همکاران (۲۰۱۸) با اندکی تغییر استخراج گردید. برای این منظور مغز بادام پودر شده (۵ گرم) به مدت ۳ ساعت با هگزان (۵۰ میلی‌لیتر) در دمای اتاق هم‌زده شد. پس از فیلتراسیون مخلوط، حلال باقیمانده با استفاده از روتاری اواپراتور (هایدولف، آلمان) در دمای ۴۰ درجه سلسیوس تبخیر شد. روغن حاصل به یک ویال شیشه‌ای کوچک منتقل در دمای ۱۸- درجه سلسیوس تا زمان آزمون نگهداری گردید.

اندیس پراکسید

ندیس پراکسید به‌عنوان شاخص محصولات اولیه اکسیداسیون طبق استاندارد ۴۱۷۹ به روش تیتراسیون یدومتری انجام گرفت (IUPAC, 1992).

تری‌ان مزدوج

اندازه‌گیری تری‌ان مزدوج به‌عنوان شاخص محصولات ثانویه اکسیداسیون طبق روش Kim و Labella (۱۹۸۷) بر اساس اندازه‌گیری جذب نوری محلول‌های حاوی ۰/۰۱ تا ۰/۰۳ گرم روغن در ۲۵ میلی‌لیتر ایزواکتان در طول موج ۲۶۸ نانومتر به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر (SPEKOL 1500، آلمان) انجام گرفت.

بافت

ارزیابی بافت نمونه‌ها با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (-CT3 Brookfield، آمریکا) انجام پذیرفت. آزمون بافت بر اساس تست فشردگی تک محوره با پروب با سطح مقطع استوانه ای 3-A به قطر ۳۵ میلی‌متر و با سرعت پروب ۲ میلی‌متر بر ثانیه صورت پذیرفت. مقدار نفوذ پروب تا کمپرس شدن ۴۰ درصد قطر نمونه درنظر گرفته شد. حداکثر نیروی لازم در طی آزمون فشاری برای تغییر شکل ۴۰ درصد قطر بادام کوهی بر حسب گرم تحت عنوان سفتی[1] ثبت گردید (صداقت و همکاران، ۱۳۹۴).

ترکیب اسیدهای چرب

جهت شناسایی ترکیب اسیدچرب روغن مغز بادام کوهی از دستگاه کروماتوگرافی گازی (CP-SL-88، آمریکا) مجهز به شناساگر یونیزاسیون شعله‌ای استفاده گردید. برای تولید متیل استرهای اسیدچرب، به ۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه روغن خالص ۱۰ میلی‌لیتر مخلوط متانول– استیل کلرید ۹۵ درصد اضافه شد .سپس نمونه به مدت یک ساعت در دمای ۸۵ درجه سلسیوس قرار داده شد .پس از سرد شدن نمونه‌ها ۵ میلی‌لیتر آب مقطر به روغن متیل استر شده اضافه و مخلوط حاصل به مدت ۵ دقیقه با استفاده از همزن با سرعت ۱۸۰ دور در دقیقه به‌خوبی یکنواخت شد. بعد از یکنواخت شدن با همزن، مخلوط به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس سانتریفوژ شد. سپس مایع فوقانی نمونه سانتریفیوژ شده (لایه هگزان) جداسازی و به ستون BPX70 (SGE، استرالیا) با طول ۱۰۰ متر، ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرون و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر تزریق گردید. دمای ستون با سرعت ۱۵ درجه سلسیوس در دقیقه از دمای ۸۰ به ۲۱۰ درجه سلسیوس رسانده شد و به مدت ۱۰ دقیقه نگهداری شد. سپس با سرعت ۳۰ درجه سلسیوس در دقیقه از دمای ۲۰۰ به ۲۲۰ درجه سلسیوس

1 Hardness

افزایش یافت. نهایتا به مدت ۵ دقیقه در این دما نگه داشته شد. دمای محل تزریق و آشکارساز ۲۱۰ درجه سلسیوس بود. گاز حامل سیستم هلیم و سرعت جریان آن یک میلی‌متر بر دقیقه بود. تشخیص متیل استرهای اسیدهای چرب با مقایسه زمان ماند نمونه‌ها و مقایسه آنها با استاندارد صورت گرفت (Moayedi *et al.*, 2011).

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی دانه‌ها به روش هدونیک پنج نقطه‌ای توسط یک گروه شامل ۳۰ نفر ارزیاب آموزش دیده از نظر ویژگی‌های حسی شامل طعم و بو (که رابطه مستقیم با اکسیداسیون لیپید ها دارند)، رنگ، بافت و پذیرش کلی صورت پذیرفت.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

آزمایشات در قالب آزمون فاکتوریل و بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ عامل درجه برشتگی (۳ سطح)، نوع بسته‌بندی (۳ سطح) و زمان نگهداری (۳ سطح) طراحی و اجرا گردید. تمامی آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد و تجزیه و تحلیل اطلاعات با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام پذیرفت. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح آماری ۵ درصد و ۱ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی

بر مبنای تحقیق حاضر میزان چربی، پروتئین و فیبر مغز بادام کوهی خام مورد استفاده به‌ترتیب برابر ۰/۵ ±۱۰/۵، ۰/۷ ±۱۶/۲ و ۰/۶ ±۱۴/۱۸ بر مبنای وزن خشک بود. نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات شرایط برشته کردن، بسته‌بندی و زمان نگهداری بر روی پارامترهای مورد بررسی بادام کوهی در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان داد که اثرات اصلی و برخی از اثرات فاکتورها بر روی پارامترهای اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است.

رطوبت

مقدار رطوبت در مغزهای برشته شده به‌عنوان یک فاکتور بحرانی در نظر گرفته شده است، چرا که بر واکنش‌های اثرگذار بر طعم و مزه، بافت و زمان ماندگاری مغز برشته شده تأثیر زیادی دارد (مختاری و ضیائی‌فر، ۱۳۹۷). میزان رطوبت مغز بادام کوهی خام مورد استفاده در این پژوهش برابر ۱/۸ ±۴۷/۸ درصد بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به رطوبت در جدول ۲ آورده شده است. در تمامی نمونه‌های بسته‌بندی شده (با/ فاقد گاز ازت) دمای برشته کردن تأثیر معنی‌داری بر میزان رطوبت داشته، به‌طوری که با افزایش دمای برشته کردن میزان رطوبت به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است ($p<0.05$).

جدول ۱- تجزیه واریانس پارامترهای اندازه گیری شده بادام کوهی برشته شده و بسته‌بندی شده در طی دوره نگهداری

تیمار	میانگین مربعات											
	درجه آزادی	رطوبت	چربی	اندیس پراکسید	تری‌ان مزدوج	بافت	پذیرش کلی	اسیدهای چرب: پالمتیک اسید	پالمیتولینیک اسید	استئاریک اسید	اولئیک اسید	لینولئیک اسید
شرایط برشته کردن	۲	۶۹۲۳/۱ **	۵۳۳۶/۹ **	۲۲۰۶/۵ **	۱/۳ **	۱۱۳۸۰۱۰۱/۷ **	۵۶/۹ **	۱/۸۲۱ **	۱/۸E-۷ ns	۰/۳۱۶ **	۱/۸۶۳ ns	۰/۰۳۲ ns
بسته‌بندی	۲	۷۷۶/۱ **	۵۶۲/۵ **	۴/۸ **	۰/۰۴ **	۴۶۴۲۸۰۴/۱ **	۰/۲۲ ns	----	----	----	----	----
زمان نگهداری	۲	۷۰۹۰/۰ **	۵۵۳۵/۶ **	۱۴۱۶/۹ **	۱/۶ **	۱۱۶۱۹۴۹۱/۱ **	۷۲/۹ **	----	----	----	----	----
برشته کردن× بسته‌بندی	۴	۱۱/۴ **	۷/۸ ns	۰/۵۱ ns	۰/۰۰۴ ns	۱۱۳۵۴۴۸/۸ **	۰/۵۰ ns	----	----	----	----	----
برشته کردن× نگهداری	۴	۱۴۷۲/۹ **	۱۱۷۱/۶ **	۵۱۵/۳ **	۰/۲۷ ns	۲۷۸۹۹۰۷/۳ **	۹/۴ **	----	----	----	----	----
بسته‌بندی× نگهداری	۴	۳۸۸/۳ **	۲۸۳/۰ **	۲٫۵ ns	۰/۰۲ ns	۳۵۵۲۵۰۸/۴ **	۰/۱۵ ns	----	----	----	----	----
برشته کردن× بسته‌بندی× نگهداری	۸	۱۶/۵ **	۸/۴ ns	۰/۶۰ ns	۰/۰۱۲ ns	۱۴۵۹۹۹۲/۲ **	۰/۹ ns	----	----	----	----	----
خطا	۵۴	۳۸/۴	۸۹/۳	۱۴/۷	۰/۱۶	۹۹۸۸/۵	۲۰/۷	۰/۱۲۸	۰/۰۰۷	۰/۰۳۹	۶۹/۳	۲۸/۸۷۵

ns و ** به‌ترتیب، عدم تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪.

کاهش رطوبت محصول با افزایش دما (شدت) برشته کردن به علت تامین انرژی بالاتر در دمای ۲۰۰ درجه نسبت به دمای ۵۰ درجه سلسیوس در محصول بود.

مطابق یافته‌های Somporn و همکاران (۲۰۱۱) نیز دما و زمان تاثیر معنی‌داری (p<۰/۰۱) بر افت رطوبت دانه‌های قهوه طی فرایند برشته کردن داشتند، بطوری که افت رطوبت نمونه‌های برشته شده در دمای بالاتر بیشتر بود (افت رطوبت ۸۳/۱ و ۸۵/۴٪ به‌ترتیب در قهوه‌های با برشتگی کم و زیاد) (Somporn *et al*., 2011). علاوه بر این بنا بر نتایج تحقیق حاضر، در میان نمونه‌های بسته‌بندی شده به یک روش، همواره نمونه‌های برشته شده در حد زیاد (۲۰۰ درجه سلسیوس) کمترین و نمونه برشته شده در حد کم (۵۰ درجه سلسیوس) بیشترین میزان رطوبت را داشتند (در روز صفر و ماه اول نگهداری). این در حالی است که در ماه دوم نگهداری تفاوت معنی‌داری میان رطوبت نمونه‌های برشته شده در حد متوسط و زیاد بسته‌بندی شده با پلی‌اتیلن (با/ فاقد گاز ازت) وجود نداشت، اما در میان نمونه‌های بسته‌بندی شده با OPP/CPP نمونه برشته شده در حد زیاد کمترین میزان رطوبت را داشت. پس به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در همه دماهای برشته کردن، نوع بسته‌بندی تأثیر معنی‌داری ($p<0.05$) بر میزان حفظ رطوبت نمونه‌ها داشته و بسته‌بندی OPP/CPP حاوی گاز ازت در همه دماهای برشته کردن میزان رطوبت را به‌طور معنی‌داری حفظ کرده است. Kosoko و همکاران (۲۰۰۹) نیز پلی‌اتیلن را در ممانعت در برابر رطوبت، فیلم‌های نسبتاً ضعیفی اعلام کردند. نتایج مشابهی توسط Kahyaoglu وKaya (۲۰۰۶) و Bhattacharya و Prakash (۱۹۹۷) در ارتباط با رطوبت نهایی دانه کنجد و نخود گزارش شده است. این پژوهشگران نشان دادند که با افزایش دمای برشته کردن رطوبت نهایی دانه کنجد و نخود به‌ترتیب به‌طور معنی‌داری در طی فرایند برشته کردن کاهش یافت.

جدول ۲- تاثیر برشته کردن بر میزان رطوبت (٪) بادام کوهی بسته‌بندی شده در طی دوره نگهداری

شرایط برشته کردن	نوع بسته‌بندی	زمان نگهداری (روز)		
		صفر	۳۰	۶۰
	PE با اتمسفر معمولی	۳۸/۸۹ ±۰/۹۹ ^{aB}	۳۰/۷۵ ±۱/۰۰ ^{bB}	۲۶/۸۵ ±۱/۱۵ ^{cB}
۵۰ درجه (۶۰دقیقه)	PE با گاز ازت	۳۸/۸۹ ±۰/۹۹ ^{aB}	۳۱/۴۱ ±۰/۴۱ ^{bB}	۲۷/۰۷ ±۰/۸۷ ^{cB}
	OPP/CPP با گاز ازت	۳۸/۸۹ ±۰/۹۹ ^{aB}	۳۸/۰۱ ±۱/۲۶ ^{aA}	۳۶/۵ ±۱/۵ ^{aA}
	PE با اتمسفر معمولی	۳۳/۹۷ ±۱/۱۷ ^{aC}	۳/۲ ±۰/۱ ^{bEF}	۱/۸۵ ±۰/۰۴ ^{bE}
۱۰۰ درجه (۴۵دقیقه)	PE با گاز ازت	۳۳/۹۷ ±۱/۱۷ ^{aC}	۳/۷۵ ±۰/۰۵ ^{bE}	۱/۹۵ ±۰/۰۵ ^{cE}
	OPP/CPP با گاز ازت	۳۳/۹۷ ±۱/۱۷ ^{aC}	۱۵/۰۲ ±۰/۲۵ ^{bC}	۱۲/۵ ±۰/۶۰ ^{cC}
	PE با اتمسفر معمولی	۳۰/۰۰ ±۱/۲ ^{aD}	۲/۵ ±۰/۰۵ ^{bF}	۱/۷۵ ±۰/۰۴ ^{bE}
۲۰۰ درجه (۳۰دقیقه)	PE با گاز ازت	۳۰/۰۰ ±۱/۲ ^{aD}	۲/۳ ±۰/۰۹ ^{bF}	۱/۵۷ ±۰/۰۷ ^{bE}
	OPP/CPP با گاز ازت	۳۰/۰۰ ±۱/۲ ^{aD}	۱۳/۵ ±۰/۵ ^{bD}	۱۱/۰۲ ±۰/۲۲ ^{cD}

*میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک در هر ردیف و میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ در هر ستون در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

در بررسی تأثیر زمان نگهداری نیز در کلیه تیمارها (به‌جز نمونه برشته شده در ۵۰ درجه بسته‌بندی شده با OPP/CPP) میزان رطوبت در طول زمان به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) کاهش یافت، که شدت این کاهش از ماه اول به دوم کمتر بود. پس از ۶۰ روز نگهداری، در نمونه-های برشته شده در ۵۰ درجه، میزان کاهش رطوبت به میزان ۶/۱۴٪، ۳۰/۹۶٪ و ۳۰/۳۹٪ بوده است در حالی که در نمونه‌های برشته شده در ۲۰۰ درجه به میزان ۶۳/۲۷٪، ۹۴/۷۷٪ و ۹۴/۲۷٪ به‌ترتیب در نمونه‌های بسته‌بندی شده با OPP/CPP، پلی‌اتیلن حاوی گاز ازت و پلی‌اتیلن معمولی بوده است که علت آن را می‌توان به نقش موثر پوشش OPP/CPP در حفظ رطوبت نمونه و در نتیجه افت کمتر رطوبت نسبت داد. احتمالا ماده پلی‌اتیلن استفاده شده موجب انتقال بیشتر بخار آب شده، در نتیجه نمونه‌های بسته‌بندی شده در این پوشش از رطوبت کمتری برخوردار هستند. وجود گاز ازت در بسته‌بندی پلی‌اتیلن نیز اندکی موجب حفظ بیشتر میزان رطوبت شده هرچند این تأثیر چندان معنی‌دار نبود. دلیل کاهش رطوبت کمتر نمونه‌های حاوی ازت طی دوره نگهداری احتمالاًبدلیل جایگزینی اکسیژن و بخار آب بسته با نیتروژن و تبخیر کمتر رطوبت از نمونه است. در بین همه تیمارها تیمار برشته شده در دمای ۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۶۰ دقیقه و بسته‌بندی به

وسیله OPP/CPP حاوی گاز ازت، بهترین نتیجه را از نظر حفظ رطوبت داشته و طول دوره نگهداری تأثیر معنی‌داری بر میزان کاهش رطوبت آن نداشته است. منطبق بر نتایج این تحقیق، Padehban و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که رطوبت بادام کوهی طی دوره نگهداری در دماهای مختلف کاهش یافت و نمونه‌های بسته‌بندی شده در اتمسفر اصلاح یافته محتوای رطوبت بالاتری نسبت به نمونه‌های بسته‌بندی شده در خلا و یا اتمسفر معمولی بویژه در انتهای دوره نگهداری داشتند. آنها این مساله را به انتقال بخار آب بالای پلی‌اتیلن مورد استفاده در بسته‌بندی با اتمسفر معمولی و خلا نسبت دادند (Padehban *et al.*, 2018). تمامی اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه شرایط برشته کردن، بسته‌بندی و زمان نگهداری بر میزان رطوبت در سطح ۱٪ تاثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۲).

چربی

همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است در تمامی نمونه‌های بسته‌بندی شده (با/ فاقد گاز ازت) دمای برشته کردن تأثیر معنی‌داری بر میزان چربی داشته، به‌طوری که با افزایش دمای برشته کردن میزان چربی به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) افزایش یافته است. در میان نمونه-های بسته‌بندی شده به یک روش، همواره نمونه‌های برشته شده در حد زیاد (۲۰۰ درجه سلسیوس) بیشترین و نمونه برشته شده در حد کم (۵۰ درجه سلسیوس) کمترین درصد چربی را داشتند. این در حالی است که پس از یک و دو ماه نگهداری در هر یک از روش‌های بسته‌بندی، اختلاف معنی‌داری میان میزان چربی نمونه‌های برشته شده در حد متوسط و زیاد وجود نداشت ($p>0.05$). دلیل افزایش چربی در دانه‌های برشته شده مربوط به اثر حرارت خشک (برشته کردن) در آسیب رساندن به غشای سلول و نیز دناتوراسیون پروتئین‌ها بود که منجر به رهاسازی و استخراج بیشتر روغن از دانه‌های روغنی گردید. گفته می‌شود که استفاده از نمک یا برشته کردن بدون هر گونه افزودنی باعث کاهش پایداری چربی‌ها می‌گردد. Arinola و Adesina (۲۰۱۴) نیز افزایش چربی گردوی آفریقایی با برشته کردن و جوشاندن را به این مساله نسبت دادند (Arinola and Adesina, 2014). در پژوهش قربانی و همکاران (۱۳۹۷) فندق برشته نسبت به نمونه خام آن به علت تخریب پروتئین درصد روغن بالاتری داشت (قربانی و همکاران، ۱۳۹۷). Hojjatiو همکاران (۲۰۱۶) افزایش روغن بادام کوهی پس از برشته شدن با مایکروویو را به تاثیر این حرارت در تبخیر آب از ساختار بادام کوهی، افزایش فشار ساختار داخلی، تخریب دیواره سلولی و تسهیل استخراج روغن از آن نسبت دادند (Hojjati *et al.*, 2016). در بررسی تأثیر زمان نگهداری نیز در کلیه تیمارها در طول زمان میزان چربی به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) افزایش یافت، که شدت این افزایش از ماه اول به دوم کمتر بود. این مساله را می‌توان به تاثیر بیشتر حرارت بر غشای سلولی (به‌دلیل افت بیشتر رطوبت) و رهاسازی چربی از سلول و بنابراین افزایش بیشتر چربی دانه در زمان‌های ابتدایی نگهداری (از زمان صفر تا ماه اول) نسبت داد. به‌طور مشابه Koyuncu (۲۰۰۴) نیز گزارش کردند که میزان چربی کل فندق طی ۱۲ ماه نگهداری در ۲۱ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۰ تا ۶۵ درصد از ۵۸/۶۸٪ به ۶۲/۴۸٪ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Koyuncu, 2004).

جدول ۳- تاثیر برشته کردن بر میزان چربی (٪) بادام کوهی بسته‌بندی شده در طی دوره نگهداری

شرایط برشته کردن	نوع بسته‌بندی	زمان نگهداری (روز)		
		صفر	۳۰	۶۰
۵۰ درجه (۶۰دقیقه)	PE با اتمسفر معمولی	۱۳/۳۰ ±۰/۳۰ cC	۱۹/۴۶ ±۰/۶۶ bC	۲۲/۹۷ ±۰/۴۷ aC
	PE با گاز ازت	۱۳/۳۰ ±۰/۳۰ cC	۲۰/۶۷ ±۱/۱۷ bC	۲۴/۲۳ ±۰/۷۳ aC
	OPP/CPP با گاز ازت	۱۳/۳۰ ±۰/۳۰ bC	۱۴/۱۵ ±۰/۶۵ bD	۱۵/۴۲ ±۰/۲۰ aD
۱۰۰ درجه (۴۵دقیقه)	PE با اتمسفر معمولی	۱۷/۳۸ ±۰/۳۸ cB	۴۳/۱۴ ±۱/۱۴ bA	۴۵/۷۸ ±۰/۷۵ aA
	PE با گاز ازت	۱۷/۳۸ ±۰/۳۸ bB	۴۴/۴۲ ±۲/۵۰ aA	۴۵/۹۲ ±۲/۶۴ aA
	OPP/CPP با گاز ازت	۱۷/۳۸ ±۰/۳۸ cB	۳۴/۷۵ ±۱/۱۳ bB	۳۶/۷۸ ±۱/۲۶ aB
۲۰۰ درجه (۳۰دقیقه)	PE با اتمسفر معمولی	۲۰/۹۷ ±۰/۷۷ bA	۴۵/۰۵ ±۱/۵۴ aA	۴۶/۱۰ ±۱/۱۰ aA
	PE با گاز ازت	۲۰/۹۷ ±۰/۷۷ bA	۴۵/۴۹ ±۲/۸۰ aA	۴۶/۲۷ ±۲/۵۴ aA
	OPP/CPP با گاز ازت	۲۰/۹۷ ±۰/۷۷ bA	۳۶/۱۳ ±۱/۱۰ aB	۳۷/۳۶ ±۱/۴۵ aB

*میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک در هر ردیف و میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ در هر ستون در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

در بین تیمارهای مختلف، برشته کردن در دمای ۵۰ درجه سلسیوس و بسته‌بندی OPP/CPP حاوی گاز ازت میزان چربی را در طول دوره نگهداری به صورت بهتری حفظ نمود و مانع از تغییرات شدید در آن شد. این مساله را می‌توان به ممانعت بالای فیلم OPP/CPP در برابر انتقال رطوبت و به تبع آن تغییرات چربی محصول نسبت داد. Macedo و همکاران (۲۰۱۳) دریافتند که جذب رطوبت در گرانولای بسته‌بندی شده به‌طورقابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر زمان ذخیره‌سازی و ماده بسته‌بندی بود که در این میان فیلم BOPP بهترین مانع در برابر جذب رطوبت تحت شرایط تسریع یافته (دمای ۳۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰ درصد) بود (Macedo *et al.*, 2013). گاز ازت تأثیر معنی‌داری بر میزان چربی نداشت ($p>0.05$). پس به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که نوع بسته‌بندی، دمای برشته کردن و مدت زمان ماندگاری تأثیر معنی‌داری ($p<0.01$) بر میزان چربی نمونه‌ها داشته‌اند. از میان اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه، اثر بسته‌بندی و زمان نگهداری و نیز شرایط برشته کردن و زمان نگهداری بر میزان چربی محصول در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر یک رابطه منفی میان میزان رطوبت و روغن بادام کوهی برشته شده وجود دارد (جدول ۴). در واقع برشته کردن منجر به کاهش میزان رطوبت شده است، در حالی که دیگر ترکیبات نظیر چربی، پروتئین و فیبر به‌ترتیب به مقادیر ۲۰/۹۷–۱۳/۳۰ (R^2=0.98-1.00)، ۱۹/۶۸–۱۸/۰۲ (R^2=0.80-0.99) و ۱۸/۲۰–۱۶/۱۲ (R^2=0.84-1.00) درصد افزایش یافته‌اند. حجتی و همکاران (۲۰۱۶) نیز در پژوهش خود عنوان کردند که یک رابطه منفی معنی‌دار ($p<0.05$) میان رطوبت و روغن بادام‌های وحشی برشته شده با مایکروویو وجود داشت (R^2=0.81) (Hojjati *et al.*, 2016).

جدول ٤- معادلات خطی برازش یافته برای تغییرات رطوبت با چربی، پروتئین و فیبر مغز بادام کوهی برشته و بسته‌بندی شده در شرایط مختلف طی دوره نگهداری

شرایط برشته کردن	نوع بسته‌بندی	رابطه رطوبت با چربی	رابطه رطوبت با پروتئین	رابطه رطوبت با فیبر
۵۰ درجه (٦٠دقیقه)	PE با اتمسفر معمولی	y = -0.8187x + 45.149 (R^2=1)	y = -0.1661x + 24.485 (R^2 = 0.999)	y = -0.257x + 26.111 (R^2 = 1)
	PE با گاز ازت	y = -0.9129x + 48.743 (R^2=1)	y = -0.1918x + 25.509 (R^2 = 0.995)	y = -0.261x + 26.213 (R^2 = 1)
	OPP/CPP با گاز ازت	y = -0.9695x + 50.859 (R^2=0.989)	y = -0.1176x + 22.65 (R^2 = 0.732)	y = -0.4542x + 33.973 (R^2 = 0.845)
۱۰۰ درجه (٤٥دقیقه)	PE با اتمسفر معمولی	y = -0.8717x + 46.96 (R^2=0.998)	y = -0.1552x + 23.929 (R^2 = 0.980)	y = -0.2211x + 24.79 (R^2 = 0.914)
	PE با گاز ازت	y = -0.862x + 47.35 (R^2=0.999)	y = -0.1575x + 24.287 (R^2 = 0.995)	y = -0.2621x + 26.121 (R^2 = 0.998)
	OPP/CPP با گاز ازت	y = -0.87x + 47.731 (R^2=0.999)	y = -0.1287x + 23.195 (R^2 = 0.885)	y = -0.2625x + 26.228 (R^2 = 1)
۲۰۰ درجه (۳۰دقیقه)	PE با اتمسفر معمولی	y = -0.8835x + 47.47 (R^2=0.998)	y = -0.1565x + 24.37 (R^2 = 0.995)	y = -0.2682x + 26.238 (R^2 = 0.996)
	PE با گاز ازت	y = -0.8599x + 47.545 (R^2=1)	y = -0.1352x + 24.323 (R^2 = 0.997)	y = -0.2715x + 26.275 (R^2 = 0.993)
	OPP/CPP با گاز ازت	y = -0.842x + 47.038 (R^2=0.997)	y = -0.1237x + 23.514 (R^2 = 0.999)	y = -0.2947x + 27.084 (R^2 = 0.968)

*در معادلات فوق y برابر میزان رطوبت و x برابر میزان چربی، پروتئین و یا فیبر است.

اندیس پراکسید

اکسیداسیون بادام کوهی توسط اندازه‌گیری اندیس پراکسید شاخص محصولات اولیه اکسیداسیون مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که میزان اندیس پراکسید در بادام کوهی خام بسیار پایین (meq O_2/kg oil) ۰/۱۸ بود که حاکی از عدم وجود فساد اکسیداسیونی در آن است. پس از دو ماه نگهداری میزان شاخص پراکسید در نمونه‌های برشته شده در ۵۰ درجه سلسیوس با بسته‌بندی اتمسفر معمولی از ۰/۸ به (meq O_2/kg oil) ۶/۴ رسید، در حالی که در بسته‌بندی پلی اتیلن و OPP/CPP حاوی گاز ازت در مدت مشابه به‌ترتیب به ۵/۳ و (meq O_2/kg oil) ۵/۵ رسید. در دمای برشته کردن ۲۰۰ درجه سلسیوس در مدت مشابه میزان اندیس پراکسید به‌ترتیب در بسته‌بندی پلی‌اتیلن (یا OPP/CPP) حاوی گاز ازت از ۵/۲ به‌ترتیب به ۲۳/۲ و (meq O_2/kg oil) ۲۳/۹ رسید. همان‌طور که مشاهده می‌شود در تمامی تیمارها اندیس پراکسید همواره کمتر از (meq O_2/kg oil) ۲۵ (حد آستانه قابل‌پذیرش برای مغزها) بود (Severini *et al.*, 2003).

جدول ۵ - تاثیر برشته کردن بر میزان اندیس پراکسید (meq O_2/kg oil) بادام کوهی بسته‌بندی شده در طی دوره نگهداری*

شرایط برشته کردن	نوع بسته‌بندی	زمان نگهداری (روز)		
		صفر	۳۰	۶۰
۵۰ درجه (۶۰ دقیقه)	PE با اتمسفر معمولی	۰/۸۰ ±۰/۰۵ cC	۳/۵۰ ±۰/۱۰ bDE	۶/۴ ±۰/۱۵ aD
	PE با گاز ازت	۰/۸۰ ±۰/۰۵ cC	۲/۶۰ ±۰/۱۰ bF	۵/۳ ±۰/۲ aE
	OPP/CPP با گاز ازت	۰/۸۰ ±۰/۰۵ cC	۲/۸۰ ±۰/۰۸ bEF	۵/۵ ±۰/۲۵ aE
۱۰۰ درجه (۴۵ دقیقه)	PE با اتمسفر معمولی	۱/۹۰ ±۱/۰۴ cB	۴/۸۰ ±۰/۲۰ bC	۹/۲ ±۰/۷ aC
	PE با گاز ازت	۱/۹۰ ±۱/۰۴ cB	۴/۱۰ ±۰/۲۰ bCD	۸/۸ ±۰/۴ aC
	OPP/CPP با گاز ازت	۱/۹۰ ±۱/۰۴ cB	۴/۳۰ ±۰/۱۵ bC	۹/۰۰ ±۰/۵ aC
۲۰۰ درجه (۳۰ دقیقه)	PE با اتمسفر معمولی	۵/۲۰ ±۰/۱۵ cA	۱۶/۵۰ ±۰/۶۰ bA	۲۴/۶ ±۰/۷ aA
	PE با گاز ازت	۵/۲۰ ±۰/۱۵ cA	۱۵/۷۰ ±۰/۸۴ bB	۲۳/۲ ±۰/۶ aB
	OPP/CPP با گاز ازت	۵/۲۰±۰/۱۵ cA	۱۶/۲۰ ±۰/۷۰ bAB	۲۳/۹ ±۰/۷ aAB

*میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک در هر ردیف و میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ در هر ستون در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

با توجه به جدول ۵ تاثیر دمای برشته کردن و زمان نگهداری بر شاخص پراکسید معنی‌دار ($p<0.05$) بود، به‌طوری که با افزایش دمای برشته کردن و نیز گذشت زمان مقدار این شاخص افزایش یافت. افزایش اندیس پراکسید بعد از برشته کردن، نشان‌دهنده ایجاد برخی واکنش‌های تخریبی در روغن است (Yang *et al.*, 2010). نیک‌زاده و صداقت (۱۳۸۸) نیز نشان دادند که با افزایش دمای برشته کردن پسته از ۹۰ به ۱۵۰ درجه سلسیوس، عدد پراکسید افزایش معنی‌داری را نشان داد (نیک‌زاده و صداقت، ۱۳۸۸). افـزایش عـدد پراکسید در طول زمان نیز ناشی از شدت یـافتن اکسیداسـیون با افزایش مدت زمان نگهداری است. مقایسه میانگین داده ها بیانگر این مطلب است که در یک نوع ثابت بسته‌بندی و تیمار برشته کردن، کمترین میزان اندیس پراکسید مربوط به زمان صفر (بلافاصله پس از برشته کردن) می‌باشد و در این زمان اختلاف معنی‌داری میان تیمارهای مختلف وجود داشت. منطبق بر نتایج تحقیق حاضر صداقت و همکاران (۱۳۹۴) نیز بیان داشتند که با افزایش زمان نگهداری میزان پراکسید نمونه‌های پسته به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (صداقت و همکاران، ۱۳۹۴). در بررسی تاثیر نوع بسته‌بندی، استفاده از اتمسفر نیتروژن عملکرد بهتری را در کنترل اکسیداسیون در مغز بادام کوهی برشته شده در هر سه دما داشت و بنابراین اندیس پراکسید در بسته‌های حاوی گاز ازت کمتر بود، هرچند این تاثیر چندان معنی‌دار نبود ($p>0.05$). بر این اساس، در هر یک از روزهای نگهداری کمترین اندیس پراکسید مربوط به نمونه‌های برشته شده در ۵۰ درجه سلسیوس بسته‌بندی شده با پلی‌اتیلن (یا OPP/CPP) حاوی گاز ازت بود. Sanchez-Bel و همکاران (۲۰۱۱) و Garcia-Pascual و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیقاتی مشابه اثر بســته‌بنـدی تحـت نیتروژن و هوا را بر روی کیفیت بادام به‌صورت پوست کنده و بـو داده به‌ترتیب در طـول ۲۰ هفته (در ۲۰ درجه سلسیوس) و ۹ ماه نگهداری (در ۸ و ۳۶ درجه سلسیوس) بررسی کردند، مطـابق نتایج آنها اتمسفر بسته‌بندی تاثیر معنی‌داری بر پیشرفت اکسیداسیون نداشت. این در حالی است که صداقت و همکاران (۱۳۹۴) کمترین میزان عدد پراکسید پس از سه ماه ذخیره‌سازی پسته ها را در بسته‌بندی MAP و بیشترین آن در بسته‌بندی با هوای معمولی گزارش کردند (صداقت و همکاران، ۱۳۹۴). Gamli و Hayoğlu (۲۰۰۷) نیز بیان کردند که وجود اکسیژن در بسته‌ها منجر به افزایش اندیس پراکسید در نمونه‌های پسته گردید. از میان اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه، اثر شرایط برشته کردن و زمان نگهداری بر میزان اندیس پراکسید محصول در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱).

تری‌ان مزدوج

جذب فرابنفش در ۲۶۸ نانومتر به‌عنوان معیاری از تری‌ان‌های مزدوج و محصولات ثانویه اکسایش همانند کتو دی‌ان‌ها و دی‌انال‌های مزدوج می باشد. جدول ۶ روند تغییرات تری‌ان مزدوج بادام کوهی برشته شده و بسته‌بندی شده در شرایط مختلف به‌صورت تابعی از زمان نگهداری را نشان می‌دهد. میزان K_{268} بادام کوهی خام ۱/۱۲۵ بود که با برشته کردن میزان آن به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) افزایش یافت. به‌طوری که در هر یک از زمان‌های نگهداری بیشترین اندیس پراکسید مربوط به نمونه‌های برشته شده در بالاترین دمای برشته شدن بود.

به‌علاوه در همه تیمارها میزان K_{268} در طول زمان نگهداری به‌صورت معنی‌داری ($p<0.05$) افزایش یافت که نشان‌دهنده افزایش روند اکسایش در طول زمان می‌باشد. این امر با این واقعیت قابل‌توجیه است که با افزایش زمان ذخیره‌سازی، یعنی بعد از دو ماه، مقدار آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی موجود در بادام کوهی از جمله توکوفرول‌ها کاهش یافته و به‌تبع آن ثبات اکسیداتیو کاهش یافته است. طبق گفته‌های Garcia-Pascual و همکاران (۲۰۰۳)، رابطه معنی‌داری میان افزایش اندیس پراکسید و کاهش توکوفرول بادام طی ذخیره‌سازی وجود داشت. Raisi و همکاران (۲۰۱۵) و Mexis و Kontominas (۲۰۱۰) نیز در مطالعات خود گزارش کردند که محصولات ثانویه اکسیداسیون در بادام (مالون دی آلدئید ، هگزال) با زمان نگهداری افزایش یافت.

جدول ٦- تاثیر برشته کردن بر میزان تری‌ان مزدوج بادام کوهی بسته‌بندی شده در طی دوره نگهداری*

شرایط برشته کردن	نوع بسته‌بندی	زمان نگهداری (روز)		
		صفر	۳۰	٦۰
۵۰ درجه (٦۰دقیقه)	PE با اتمسفر معمولی	۱/۲۶ ±۰/۰۲ cB	۱/۴۲ ±۰/۰۶ bCD	۱/۵۹ ±۰/۰۹ aB
	PE با گاز ازت	۱/۲۶ ±۰/۰۲ bB	۱/۳۰ ±۰/۰۵ bE	۱/۵۷ ±۰/۰۵ aB
	OPP/CPP با گاز ازت	۱/۲۶ ±۰/۰۲ cB	۱/۳۸ ±۰/۰۵ bDE	۱/۵۷ ±۰/۰۶ aB
۱۰۰ درجه (٤۵دقیقه)	PE با اتمسفر معمولی	۱/۲۶۸ ±۰/۰۱ cB	۱/۴۹ ±۰/۰۴ bC	۱/۶۸ ±۰/۰۷ aB
	PE با گاز ازت	۱/۲۶۸ ±۰/۰۱ cB	۱/۴۷ ±۰/۰۳ bCD	۱/۶۰ ±۰/۱ aB
	OPP/CPP با گاز ازت	۱/۲۶۸ ±۰/۰۱ cB	۱/۴۹ ±۰/۰۶ bC	۱/۶۶ ±۰/۰۵ aB
۲۰۰ درجه (۳۰دقیقه)	PE با اتمسفر معمولی	۱/۵۳ ±۰/۰۵ cA	۱/۷۴ ±۰/۰۴ bA	۱/۹۲ ±۰/۰۴ aA
	PE با گاز ازت	۱/۵۳ ±۰/۰۵ bA	۱/۶۲ ±۰/۰۵ bB	۱/۸۲ ±۰/۰۶ aA
	OPP/CPP با گاز ازت	۱/۵۳ ±۰/۰۵ cA	۱/۷۱ ±۰/۱ bAB	۱/۸۸ ±۰/۰۷ aA

*میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک در هر ردیف و میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ در هر ستون در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

همانطورکه در جدول ۶ مشاهده می‌شود در هر دمای برشته کردن نیز بسته‌بندی‌های حاوی ازت K_{268} کمتری داشتند که این مساله به‌ویژه در دوره‌های نگهداری طولانی تر بیشتر دیده می‌شود. این مساله احتمالا بدلیل اثر محافظتی نیتروژن در برابر اکسیداسیون لیپیدها و تجمع تری‌ان مزدوج در بادام کوهی بود. در انتهای دوره نگهداری بیشترین مقدار K_{268} مربوط به نمونه برشته شده در ۲۰۰ درجه سلسیوس بسته‌بندی شده با پلی اتیلن حاوی اتمسفر معمولی و کمترین آن مربوط به نمونه برشته شده در ۵۰ درجه سلسیوس بسته‌بندی شده با پلی‌اتیلن (یا OPP/CPP) حاوی گاز ازت بود. به‌طور مشابه Sanchez-Bel و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده کردند که شاخص K_{268} در بادام‌های برشته شده بسته‌بندی شده در N_2 در مدت ۵ ماه ذخیره‌سازی آهسته‌تر افزایش می‌یابد، در حالی که در نمونه‌های فاقد پوست این شاخص بدون در نظر گرفتن اتمسفر بسته‌بندی، در انتهای دوره نگهداری به همان سطح می‌رسد. قابل ذکر است که هیچ‌کدام از اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه شرایط برشته کردن، بسته‌بندی و زمان نگهداری بر میزان تری‌ان مزدوج در سطح ۱٪ معنی‌دار نبود (جدول ۱).

ترکیب اسید چرب

ترکیب اسید چرب بادام کوهی خام شامل اولئیک اسید (۶۴/۲۲٪)، لینولئیک اسید (۲۳/۵۴٪)، پالمتیک اسید (۸/۸۶٪)، استئاریک اسید (۲/۷۴٪) و پالمیتولئیک اسید (۰/۶۴٪) است. این پروفیل اسید چرب منطبق با داده‌های گزارش شده توسطChodar Moghadas و Rezaei (۲۰۱۷) و حجتی و همکاران (۲۰۱۶) می‌باشد. همانطور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، در بادام کوهی برشته شده در شرایط مختلف، مستقل از نوع روش بسته‌بندی، میزان اسیدهای چرب چندغیراشباع خصوصا لینولئیک اسید (۱۹/۰۹–۱۸/۸۵٪) و اسیدهای چرب اشباع (۱۱/۲۶–۱۰/۸۹٪) کاهش و میزان اسیدهای چرب تک غیراشباع (۷۰/۲۳–۶۹/۶۲٪) به‌ویژه اولئیک اسید کمی افزایش یافت. این در حالی است که در نمونه خام میزان اسید چرب اشباع ۱۱/۶٪، اسید چرب تک غیراشباع ۶۳/۴۵٪ و اسید چرب چندغیراشباع ۲۳/۵۴٪ بود. بدین ترتیب فرایند برشته کردن (مستقل از دمای برشته کردن) منجر به کاهش معنی‌دار لینولئیک، پالمیتولئیک، پالمتیک و استئاریک اسید و افزایش معنی‌دار اولئیک اسید نسبت به نمونه خام گردید که در این

میان، نمونه‌های برشته شده در دمای بالاتر به‌طور معنی‌داری (p<0.05) میزان پالمتیک اسید بیشتر و استئاریک اسید کمتری داشتند. در رابطه با سایر اسیدهای چرب تفاوت معنی‌داری بین دماهای مختلف برشته کردن دیده نشد. محققین نشان دادند که PUFA از مهمترین عوامل در حساسیت به اکسیداسیون محسوب می‌گردد (فرهمندفر و همکاران، ۱۳۹۷). این بدان معنا است که در اثر اکسایش، تعداد پیوندهای دوگانه در اسیدهای چرب چند غیراشباع ۱۸ کربنه کاهش و مقدار MUFA (خصوصاً اسید اولئیک) و نسبت اسیدهای چرب تک غیراشباع به چند غیراشباع (MUFA/PUFA) افزایش یافت. از طرف دیگر، اکسایش اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیر موجب شکستن و کوتاهتر شدن آنها می‌گردد. پس با اکسایش اسیدهای چرب غیراشباع ۱۸ کربنه به‌ویژه طی برشته کردن در دمای بالاتر (۲۰۰ درجه سلسیوس) مقدار اسید پالمتیک افزایش یافت. فرهمندفر و همکاران (۱۳۹۷) نیز کاهش مقدار لینولئیک اسید، آلفا-لینولنیک اسید، PUFA و USFA و افزایش مقدار پالمتیک اسید، استئاریک اسید و SFA در روغن سویا با افزایش مدت زمان حرارت‌دهی مایکروویو را به همین مساله نسبت دادند (فرهمندفر و همکاران، ۱۳۹۷). Amaral و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند که برشته کردن فندق موجب تغییر ترکیب اسیدچرب شامل کاهش لینولئیک اسید و افزایش اولئیک اسید و اسیدهای چرب اشباع می شود. با افزایش تعداد باند دوگانه سرعت اکسیداسیون اسید چرب افزایش می‌یابد که همین توجیه کننده نتایج بود (Amaral *et al*., 2006). این در حالی است که Sanchez-Bel و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که هیچ تغییر قابل ملاحظه‌ای و حتی الامکان بسیار کم در ترکیبات اسید چرب بادام با برشته کردن دیده شد.

جدول ۷- تاثیر برشته کردن بر پروفیل اسید چرب (٪) بادام کوهی بسته‌بندی شده در روز اول نگهداری*

شرایط برشته کردن	نوع بسته‌بندی	اسید چرب (٪)				
		پالمتیک اسید	پالمیتولینیک اسید	استئاریک اسید	اولئیک اسید	لینولئیک اسید
	PE با اتمسفر معمولی	۸/۲۴ ±۰/۱۰ ^{C}	۰/۳۲ ±۰/۰۲ ^{B}	۲/۶۵ ±۰/۰۵ ^{B}	۶۹/۹۱ ±۲/۵۰ ^{A}	۱۸/۸۵ ±۱/۲۵ ^{B}
۵۰ درجه (٦۰دقیقه)	PE با گاز ازت	۸/۲۴ ±۰/۱۰ ^{C}	۰/۳۲ ±۰/۰۲ ^{B}	۲/۶۵ ±۰/۰۵ ^{B}	۶۹/۹۱ ±۲/۵۰ ^{A}	۱۸/۸۵ ±۱/۲۵ ^{B}
	OPP/CPP با گاز ازت	۸/۲۴ ±۰/۱۰ ^{C}	۰/۳۲ ±۰/۰۲ ^{B}	۲/۶۵ ±۰/۰۵ ^{B}	۶۹/۹۱ ±۲/۵۰ ^{A}	۱۸/۸۵ ±۱/۲۵ ^{B}
	PE با اتمسفر معمولی	۸/۵۲ ±۰/۰۷ ^{B}	۰/۳۲ ±۰/۰۲ ^{B}	۲/۵۲ ±۰/۰۲ ^{C}	۶۹/۷۸ ±۱/۹۰ ^{A}	۱۸/۸۸±۱/۵ ^{B}
۱۰۰ درجه (٤۵دقیقه)	PE با گاز ازت	۸/۵۲ ±۰/۰۷ ^{B}	۰/۳۲ ±۰/۰۲ ^{B}	۲/۵۲ ±۰/۰۲ ^{C}	۶۹/۷۸ ±۱/۹۰ ^{A}	۱۸/۸۸ ±۱/۵ ^{B}
	OPP/CPP با گاز ازت	۸/۵۲ ±۰/۰۷ ^{B}	۰/۳۲ ±۰/۰۲ ^{B}	۲/۵۲ ±۰/۰۲ ^{C}	۶۹/۷۸ ±۱/۹۰ ^{A}	۱۸/۸۸ ±۱/۵ ^{B}
	PE با اتمسفر معمولی	۸/۸۸ ±۰/۰۸ ^{A}	۰/۳۲ ±۰/۰۲ ^{B}	۲/۳۸ ±۰/۰۶ ^{D}	۶۹/۳ ±۱/۳۰ ^{A}	۱۹/۰۹ ±۱/۰۰ ^{B}
۲۰۰ درجه (۳۰دقیقه)	PE با گاز ازت	۸/۸۸±۰/۰۸ ^{A}	۰/۳۲ ±۰/۰۲ ^{B}	۲/۳۸ ±۰/۰۶ ^{D}	۶۹/۳ ±۱/۳۰ ^{A}	۱۹/۰۹ ±۱ ^{B}
	OPP/CPP با گاز ازت	۸/۸۸ ±۰/۰۸ ^{A}	۰/۳۲ ±۰/۰۲ ^{B}	۲/۳۸ ±۰/۰۶ ^{D}	۶۹/۳ ±۱/۳۰ ^{A}	۱۹/۰۹ ±۱/۰۰ ^{B}

*میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ در هر ستون در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

به‌علاوه همانطور که جدول ۷ نشان می‌دهد نوع بسته‌بندی و وجود گاز ازت بر روند تغییر اسیدهای چرب تاثیر معنی‌داری نداشت (p>0.05). اکسیداسیون لیپیدها شامل کاهش محتوای اسیدهای چرب غیراشباع، به‌طور عمده اسید لینولنیک، لینولئیک و اولئیک و در میزان کمتر، اسید پالمیتولئیک است. محصولات تخریب مانند اوکتانال و هگزانال نیز ممکن است افزایش یابند (Sanchez-Bel *et al*., 2011). با این حال، ممکن است زمان لازم برای بروز این واکنش‌ها و میزان تأثیر شرایط ذخیره‌سازی (اتمسفر بسته‌بندی، دما، رطوبت، مواد بسته‌بندی و غیره) بر پایداری چربی‌ها کافی نباشد. به‌عنوان مثال، برخی از نویسندگان نیز کاهش در تخریب اسیدهای چرب، به‌ویژه اسیدهای اولئیک و لینولئیک، را هنگام کاربرد اتمسفر اصلاح یافته مشاهده کردند (Sanchez-Bel *et al*., 2011; Hojjati *et al*., 2016)، در حالی که برخی دیگر هیچ تغییری را در وضعیت تخریب و اکسیداسیون لیپیدها هنگام استفاده از اتمسفر اصلاح شده مشاهده نکردند (Garcia-Pascual *et al*., 2003). به‌علاوه منطبق بر نتایج تحقیق حاضر، Sanchez-Bel و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند که طی دوره نگهداری ۵ ماهه در ۲۰ درجه سلسیوس تغییری در ترکیب اسیدهای چرب بادام خام و برشته (بسته‌بندی شده در اتمسفر نیتروژن/ یا هوا) مشاهده نکردند.

بافت

اندازه‌گیری میزان سفتی نمونه‌های بادام کوهی حاکی از آن است که عوامل دمای برشته کردن، زمان نگهداری و نوع بسته‌بندی بر میزان سفتی بادام کوهی تاثیر معنی‌داری ($p<0.05$) داشته است (جدول ۸). میزان سفتی بادام کوهی خام مورد استفاده در این تحقیق ۱۹۸/۵ گرم بوده است که برشته کردن (مستقل از نوع تیمار) موجب افزایش معنی‌دار سفتی شده است. این مساله بدلیل محتوای رطوبتی بالاتر نمونه خام در مقایسه با سایر تیمارها می‌باشد. در زمان صفر نیروی شکست در دانه‌های برشته شده در ۲۰۰ درجه سلسیوس (۷۸۳ گرم) کمتر از نمونه‌های برشته شده در ۱۰۰ درجه سلسیوس (۴۹۹ نیوتن) و ۵۰ درجه سلسیوس (۳۰۹ نیوتن) بوده است. بررسی نتایج بدست آمده از جدول مقایسه میانگین‌ها گویای آن است که در تمامی نمونه‌های بسته‌بندی شده (با/ فاقد گاز ازت) با افزایش دمای برشته کردن میزان سفتی بافت به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. به‌طوری که در میان نمونه‌های بسته‌بندی شده به یک روش، همواره نمونه‌های برشته شده در حد زیاد (۲۰۰ درجه سلسیوس) بیشترین و نمونه برشته شده در حد کم (۵۰ درجه سلسیوس) کمترین میزان سفتی را داشتند. علاوه بر این با گذشت زمان سفتی بافت تمامی تیمارها افزایش معنی‌داری ($p<0.05$) داشته است. با توجه به این که تغییرات رطوبت با گذشت زمان سیر نزولی داشته است، شاید دلیل افزایش سفتی بافت در طی زمان را بتوان به کهنگی و سفت شدن متعاقب آن نسبت داد. تحقیقات نشان داده که اکسیداسیون چربی ها علاوه بر افزایش پراکسیدها و رادیکال‌های آزاد چربی، فراورده‌های تخریبی حاصل از آنها نظیر آلدهیدها را نیز افزایش می‌دهد که تمامی این محصولات قادر به واکنش با ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها می باشند. در نتیجه علاوه بر ایجاد کهنگی، سفت شدن بافت را نیز سبب می‌شوند (نیک‌زاده و صداقت، ۲۰۰۸). این نتایج کاملا با نتایج صداقت و همکاران (۱۳۹۴) هماهنگی داشت. آنها نیز افت رطوبت نمونه‌ها با گذشت زمان را به افزایش نیروی شکست پسته بسته‌بندی شده طی دوره نگهداری نسبت دادند. پژوهش نیک‌زاده و صداقت (۱۳۸۸) نیز نشان داد که نیروی شکست پسته‌های برشته شده در طی زمان نگهداری افزایش یافت. آنها دلیل این امر را جذب رطوبت و واکنش‌های صورت گرفته بین محصولات حاصل از اکسیداسیون با اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها عنوان کردند (نیک‌زاده و صداقت، ۱۳۸۸).

جدول ۸- تاثیر برشته کردن بر سفتی بافت (g) بادام کوهی بسته‌بندی شده در روز اول نگهداری*

شرایط برشته کردن	نوع بسته‌بندی	زمان نگهداری (روز)		
		صفر	۳۰	٦۰
	PE با اتمسفر معمولی	۳۰۹ ±۶ ^{cC}	۶۲۱/۵ ±۶/۵ ^{bG}	۸۲۱±۱۳ ^{aF}
۵۰ درجه (٦۰دقیقه)	PE با گاز ازت	۲۵۲ ±۶ ^{cC}	۷۱۸/۵ ±۱۲ ^{bF}	۸۳۰±۱۰ ^{aF}
	OPP/CPP با گاز ازت	۲۸۹ ±۶ ^{cC}	۳۸۱/۵ ±۷ ^{bH}	۴۲۷±۶ ^{aG}
	PE با اتمسفر معمولی	۴۹۹ ±۷ ^{cB}	۱۳۵۲ ±۱۵ ^{bD}	۱۶۸۹ ±۱۹ ^{aD}
۱۰۰ درجه (٤۵دقیقه)	PE با گاز ازت	۵۷۱ ±۷ ^{cB}	۱۳۸۹ ±۱۸ ^{bC}	۱۹۱۲ ±۱۸ ^{aC}
	OPP/CPP با گاز ازت	۵۳۹ ±۷ ^{cB}	۸۹۰ ±۱۰ ^{bE}	۹۱۹ ±۱۰ ^{aE}
	PE با اتمسفر معمولی	۷۸۳ ±۱۰ ^{cA}	۱۴۴۲ ±۲۰ ^{bB}	۲۶۶۹ ±۲۵ ^{aB}
۲۰۰ درجه (۳۰دقیقه)	PE با گاز ازت	۸۱۰±۱۰ ^{cA}	۱۴۸۶ ±۱۶ ^{bA}	۳۰۱۲ ±۲۸ ^{aA}
	OPP/CPP با گاز ازت	۸۰۱ ±۱۰ ^{bA}	۹۰۲ ±۱۲ ^{aE}	۹۲۱/۵ ±۱۶ ^{aE}

*میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک در هر ردیف و میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ در هر ستون در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

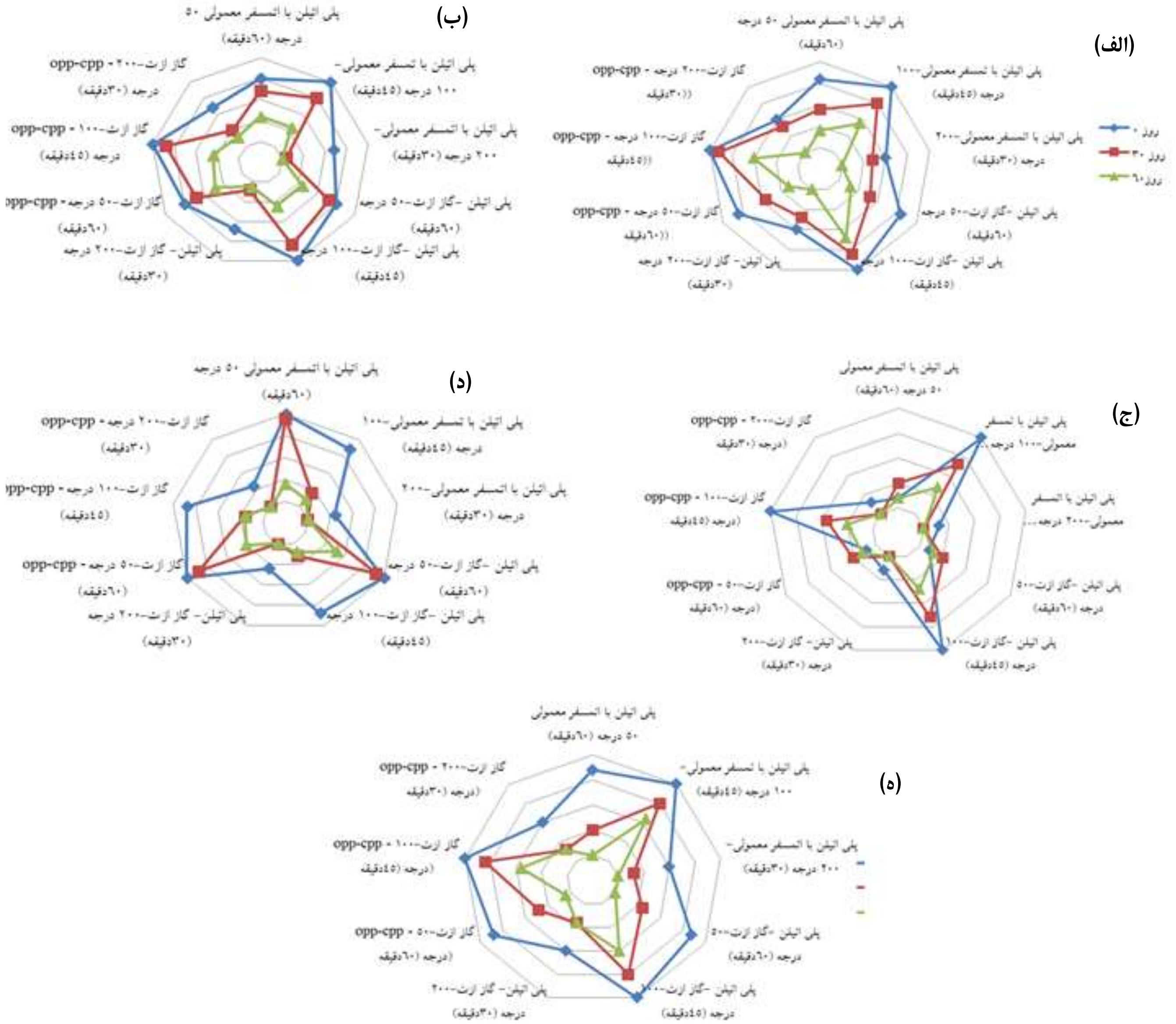
نوع بسته‌بندی تیمارهای برشته شده طی زمان نگهداری نیز تاثیر معنی‌داری بر سفتی بافت نمونه‌ها داشت. به‌طوری که همواره نمونه‌های بسته‌بندی شده OPP/CPP حاوی گاز ازت سفتی بافت کمتر از بسته‌بندی پلی اتیلن داشتند. که احتمالا دلیل این امر نفوذپذیری بیشتر جنس بسته‌بندی پلی‌اتیلن نسبت به رطوبت بوده است. اثر شرایط اتمسفر بسته‌بندی نیز در آزمون سفتی بافت معنی‌دار بود ($p<0.05$). به‌طوری که نمونه‌های بسته‌بندی شده در شرایط اتمسفر هوا نسبت به گاز ازت سفتی بافت بیشتری داشتند. دلیل این امر می‌تواند اثر اکسیژن بر بافت و سفتی و کهنگی بادام‌های نگهداری شده در این بسته‌ها باشد. در پایان دوره نگهداری نمونه‌های برشته شده در دمای ۲۰۰ درجه

سلسیوس و بسته‌بندی در پلی‌اتیلن با اتمسفر معمولی (۲۶۶۹ گرم) دارای بیشترین سفتی بافت و نمونه‌های برشته شده در دمای ۵۰ درجه سلسیوس و بسته‌بندی در OPP/CPP حاوی گاز ازت (۴۲۷ گرم) دارای کمترین سفتی بافت بودند. سفتی مغزهای بسته‌بندی در اتمسفر هوا قبلا نیز توسط سایر محققین بیان شده بود. صداقت و همکاران (۱۳۹۴) پسته‌های بسته‌بندی شده تحت خلا و MAP را سفت‌تر از پسته‌های بسته‌بندی شده در هوای معمولی یافتند (صداقت و همکاران، ۱۳۹۴).

قابل ذکر است که تمامی اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه شرایط برشته کردن، بسته‌بندی و زمان نگهداری بر میزان سفتی بافت محصول در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱).

ارزیابی حسی

نتایج حاصل از ارزیابی حسی بادام کوهی برشته شده بر حسب نوع بسته‌بندی و زمان نگهداری در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱- ارزیابی حسی مغز بادام کوهی برشته شده به‌صورت تابعی از نوع بسته‌بندی در طول زمان. الف: بو، ب: طعم، ج: رنگ، د: بافت، ه: پذیرش کلی

پس از یک ماه نگهداری حداکثر امتیاز بو، طعم، بافت و پذیرش کلی مربوط به نمونه‌های برشته شده در ۱۰۰ درجه سلسیوس بسته‌بندی شده به روش OPP/CPP بود، در حالی که پس از دو ماه نگهداری اختلاف معنی‌داری بین امتیاز بو نمونه‌های برشته شده در ۵۰ و ۱۰۰ درجه سلسیوس و امتیاز طعم و پذیرش کلی نمونه‌های برشته شده در ۵۰ و ۲۰۰ درجه سلسیوس صرف نظر از نوع بسته‌بندی دیده نشد ($p>0.05$). فساد اکسیداتیو چربی‌ها که در اثر برشته کردن صورت می‌گیرد، باعث توسعه عطر و طعم نامطلوب فراورده می‌شود (نیک‌زاده و صداقت، ۱۳۸۸). بالاترین امتیاز رنگ پس از یک و دو ماه نگهداری به‌ترتیب مربوط به نمونه‌های برشته شده در ۵۰ درجه سلسیوس بسته‌بندی شده با پلی‌اتیلن یا OPP/CPP حاوی گاز ازت بود. استفاده از دمای بالای جهت برشته کردن موجب تیره شدن سطح پوسته و ایجاد کمی طعم تلخی در محصول شد. علاوه بر این وجود اکسیژن در اتمسفر بسته‌بندی موجب تخریب رنگ محصول با سرعت بیشتری می‌گردد، هرچند در تحقیق حاضر اثر اکسیژن معنی‌دار نبود. به‌علاوه دمای برشته شدن و زمان نگهداری اثر معنی‌داری بر امتیاز بو، طعم، رنگ و بافت داشته و دماهای بالا و گذشت زمان موجب کاهش معنی‌دار امتیاز بو، طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی گردیده است ($p<0.05$). به‌طوری که با افزایش دمای برشته کردن (۲۰۰ درجه سلسیوس) تغییرات نامطلوب ایجاد شده طی فرایند گرمایی نیز بیشتر رخ می‌دهد. کاهش امتیاز بافت در دماهای بالاتر برشتگی به‌ویژه در زمان‌های طولانی تر نگهداری به‌دلیل سفتی بافت در اثر افت کمی رطوبت بود. در این پژوهش نتایج حاصل از سفتی حسی و سختی دستگاهی همخوانی داشت. نتایج صداقت و همکاران (۱۳۹۴) نیز حاکی از آن بود که اثر زمان نگهداری و شرایط بسته‌بندی بر روی بافت و سفتی پسته معنی‌دار ($p<0.05$) بود. به‌طوری که با گذشت زمان تا۳۰ روز پس از بسته‌بندی بر سفتی پسته به‌طور معنی‌داری افزوده شد و بعد از این زمان تا ۹۰ روز افزایش سفتی معنی‌دار نبود (صداقت و همکاران، ۱۳۹۴). در پژوهش حاضر علت کاهش رتبه ارزیابی حسی در طی دوره نگهداری، پیشروی اکسیداسیون و تشکیل مواد مولد طعم و بوی نامطلوب حاصل از رنسیدیتی بادام کوهی، سفتی بافت و تیرگی رنگ با گذشت زمان است که بر ویژگی‌های حسی محصول اثر منفی دارد. بر این اساس نمونه‌های برشته شده در ۲۰۰ درجه سلسیوس بسته‌بندی شده به روش اتمسفر معمولی پس از یک یا دو ماه نگهداری دارای حداقل امتیاز حسی بودند، هرچند در تیمار یکسان برشته کردن، نوع بسته‌بندی تاثیر معنی‌داری بر امتیاز بو، طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی نداشت ($p>0.05$). نتایج تحقیقات Bakkalbası و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان داد که با افزایش زمان نگهداری از میزان پذیرش کلی و امتیاز طعم گردو کاسته شد. آن ها نیز دلیل این امر را افزایش میزان اکسیداسیون محصول عنوان کردند. Mexis وKontominas (۲۰۱۰) نیز با بررسی اثر شرایط بسته‌بندی و دما و زمان نگهداری بر روی خصوصیات بادام درختی به این نتیجه رسیدند که زمان نگهداری بر روی طعم و خصوصیات حسی بادام مؤثر بود. به طوری که با افزایش زمان نگهداری از میزان امتیاز طعم محصول کاسته می‌شد. آن‌ها علت این امر را اکسیداسیون محصول اعلام کردند.

نتیجه‌گیری

بررسی نتایج به‌دست آمده از این پژوهش بیانگر آن است که با افزایش دمای برشته کردن میزان رطوبت و سفتی بافت به‌طور معنی‌داری کاهش و میزان چربی، پروتئین، فیبر، اندیس پراکسید و تری‌ان مزدوج روغن به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) افزایش یافت. بررسی روند تغییرات اسیدهای چرب نیز نشان داد که با افزایش دمای برشته کردن تنها میزان پالمتیک اسید به‌طور معنی‌داری افزایش و میزان استئاریک اسید کاهش معنی‌داری یافت. اثر گاز ازت بر روی فیبر و پروفایل اسید چرب معنی‌دار نبود، اما در هر دمای برشته کردن بسته‌بندی‌های حاوی گاز ازت به‌طور معنی‌داری عملکرد بهتری در کنترل اکسیداسیون داشته و اندیس پراکسید و تری‌ان مزدوج کمتری داشتند. همچنین پیشرفت فساد اکسیداسیون در طول زمان، در مورد نمونه‌های برشته شده دردمای بالاتر با پوشش پلی‌اتیلن بسیار بیشتر بود. به‌علاوه در این تحقیق مشخص شد پوشش بسته‌بندی OPP/CPP حاوی گاز ازت محافظت بهتری از محصول به عمل آورده است. بنابر نتایج آنالیز حسی نیز بالاترین امتیاز به بادام کوهی برشته شده در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۵ دقیقه داده شد. هرچند لازم است مطالعات بیشتری در زمینه تاثیر شدت برشته کردن بر ترکیبات فرار تشکیل شده در بادام کوهی طی حرارت دهی و نیز تاثیر نوع بسته‌بندی بر روند تغییرات آن طی نگهداری صورت گیرد.

منابع

صداقت، ن. و پژوهان‌مهر، س.، ۱۳۹۳، بررسی خواص کیفی مغز بادام وحشی واریته *Amygdalus scoparia* تحت شرایط مختلف بسته‌بندی و نگهداری، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۴۳، دوره ۱۱، ص ۱۱ تا ۲۳.

صداقت، ن.، مرادی، ق.، خشنودی نیا، س. و کوچکی، الف.، ۱۳۹۴، تأثیر شرایط اتمسفر بسته‌بندی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی پسته‌ی خشک رقم اوحدی، نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۱۱، شماره ۵، ص ۵۴۶ تا ۵۵۹.

فرهمندفر، ر.، امینی، ع.، فقیه نصیری، ش. و اثنی عشری، م.، ۱۳۹۷، تاثیر عصاره نعنا فلفلی بر کیفیت روغن سویا در طی حرارت‌دهی مایکروویو، علوم و صنایع غذایی، شماره ۷۵، دوره ۱۵، ص ۲۰۱ تا ۲۱۶.

قربانی، م.، و شفیعی، ت.، صادقی ماهونک، ع.، مقصودلو، ی. و حسینی، ح.، ۱۳۹۷، بررسی همبستگی بین شاخص‌های پراکسید، آنیزیدین، دی‌ان و تری‌ان مزدوج طی پیشرفت اکسایش در فندق خام و برشته در شرایط نگهداری تسریع یافته، علوم و صنایع غذایی، شماره ۸۲، دوره ۱۵، ص ۲۵ تا ۳۸.

مختاری، ز. و ضیایی فر، ا. م.، ۱۳۹۷، تاثیر روشهای مختلف برشته کردن بر برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بادام کوهی، فصلنامه فناوری های نوین غذایی، سال ششم، شماره ۱، ص ۷۳–۵۵.

نیک‌زاده، و. و صداقت، ن.، ۱۳۸۸، بررسی اثرات دمای برشته کردن، فرمولاسیون و زمان نگهداری بر ویژگیهای کیفی روغن پسته و خصوصیات ارگانولپتیکی آن، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۶، دوره ۳، ص ۴۵ تا ۵۴.

Amaral, J.S., Casal, S., Seabra, R.M., & Oliveira, B.P.P., 2006. Effects of roasting on hazelnut lipids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 1315-1321.

AOAC. 2003. Official Methods of Analysis; Washington, DC: *Association of Official Analytical Chemists.*

Arinola, S.A., & Adesina, K.., 2014. Effect of thermal processing on the nutritional, antinutritional, and antioxidant properties of *Tetracarpidium conophorum* (*African walnut*). *Journal of Food Processing*, 2014, 1-4.

Bakkalbası, E., Yılmaz, O.M., Javidipour, I., & Artık, N., 2012. Effects of packaging materials, storage conditions and variety on oxidative stability of shelled walnuts, *LWT – Food Science and Technology*, 46, 1, 203-209.

Bhattacharya, S., & Prakash, M., 1997, Kinetics of roasting of split chickpea (*Cicer arietinum*). I*nternational Journal of Food Science and Technology*, 32(1), 81-84.

Chodar Moghadas, H., & Rezaei, K., 2017, Laboratory-scale optimization of roasting conditions followed by aqueous extraction of oil from wild almond. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94, 867–876.

Gamli, F., & Hayoğlu, I., 2007, The effect of the different packaging and storage conditions on the quality of pistachio nut paste, *Journal of Food Engineering*, 78, 2, 443-448.

Garcia-Pascual, P., Mateos, M., Carbonell, V., & Salazar, D.M., 2003, Influence of storage conditions on the quality of shelled and roasted almonds. *Biosystems Engineering*, 84, 201-209.

Hojjati, M., Lipan, L., & Carbonell-Barrachina, A. A., 2016, Effect of roasting on physicochemical properties of wild almonds (*Amygdalus scoparia*). *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 93(9).

IUPAC, 1992. Standard Methods for the Analysis of Oils Fats and Derivatives, 1st supplement to 7th Edition, International Union of Pure and Applied Chemistry, Pergamon Press, Oxford.

Kahyaoglu, T., & Kaya, S., 2006, Modeling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. *Journal of Food Engineering*, 75(2), 167-177.

Kermanshah A., Ziarati P., Asgarpanah J., & Qomi, M., 2014, Food values of two endemic wild almond species from Iran. International Journal of Plant, *Animal and Environmental Sciences*, 4 (3), 380-388.

Kim, R., & Labella, F., 1987, Comparison of analytical methods for monitoring autoxidation profiles of authentic lipids. *Journal of Lipid Research*, 28, 1110–1117.

Kosoko, S.B., Sanni, L.O., Adebowale, A.A., Daramola, A.O., & Oyelakin, M.O., 2009, Effect of period of steaming and drying temperature on chemical properties of cashew nut. *African Journal of Food Science*, 3, 156-164.

Koyuncu, M.A., 2004, Change of fat content and fatty acid composition of Turkish hazelnuts (*corylus Avellana L.*) during storage. *Journal of Food Quality*, 27(4), 304-309.

Macedo, I.S.M., Sousa-Gallagher, M.J., Oliveira, J.C., & Byrne, E.P, 2013, Quality by design for packaging of granola breakfast product. *Food Control*, 29, 438-443.

Mexis, S.F., Badeka, A.V., & Kontominas, M.G., 2009, Quality evaluation of raw ground almond kernels (*Prunus dulcis*): Effect of active and modified atmosphere packaging, container oxygen barrier and storage conditions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(4), 580-589.

Mexis, S.F., & Kontominas, M.G., 2010, Effect of oxygen absorber, nitrogen flushing, packaging material oxygen transmission rate and storage conditions on quality retention of raw whole unpeeled almond kernels (*Prunus dulcis*). *LWT-Food Science and Technology*, 43(1), 1-11.

Moayedi, A., Rezaei, K., Moini, S., & Keshavarz, B., 2011, Chemical Compositions of Oils from Several Wild Almond Species. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(4), 503-508.

Padehban, L., Ansari, S., & Koshani, R., 2018, Effect of packaging method, temperature and storage period on physicochemical and sensory properties of wild almond kernel. *Journal of Food Science and Technology*, 55, 3408-3416.

Raisi, M., Ghorbani, M., Sadeghi Mahoonak, A., Kashaninejad, M., & Hosseini, H., 2015, Effect of storage atmosphere and temperature on the oxidative stability of almond kernels during long term storage. *Journal of Stored Products Research*, 62, 16-21.

Sanchez-Bel, P., Egea, I., Pretel, M.T., Flores, F.B., Romojaro, F., & Martínez-Madrid, M.C., 2011, Roasting and packaging in nitrogen atmosphere protect almond var. *Guara* against lipid oxidation. *Food Science and Technology International*, 17, 529-540.

Severini, C., De Pilli, T., & Baiano, A., 2003, Autoxidation of packed roasted almonds as affected by two packaging films. *Journal of Food Processing Preservation*, 27, 321-335.

Somporn, C., Kamtuo, A., Theerakulpisut, P., & Siriamornpun, S., 2011, Effects of roasting degree on radical scavenging activity, phenolics and volatile compounds of Arabica coffee beans (*Coffea arabica* L. cv. *Catimor*). *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 2287–2296.

Yang, J., Bingol, G., Pan, Z., Brandl, M.T., McHugh, T.H., & Wang, H., 2010, Infrared heating for dry-roasting and pasteurization of almonds. *Journal of Food Engineering*, 101, 273–280.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 5, Dec- Jan 2021, p. 673-689

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۵، آذر- دی ۱۴۰۰، ص.۶۸۹-۶۷۳

Effect of roasting conditions and packaging on physicochemical properties of wild almond (*Amygdalus scoparia* L.) during storage

M. A. Nazemi[1], S. Ansari[2*]

Received: 2020.03.10
Accepted: 2020.08.25

Introduction: Roasting is one of the most important thermal processing to improve the physicochemical and organoleptic properties of nuts. Wild almond, especially roasted wild almond is very sensitive to oxidation due to its high content of unsaturated fatty acids. Lipid oxidation can be inhibited by using a suitable packaging material and modifying the atmosphere of the packaging. In this research, the effects of roasting degree (light roasting at 50°C/60 min, medium roasting at 100°C/45 min and dark roasting at 200°C/ 30 min), as well as the presence/ absence of nitrogen gas in two types of pouches including polyethylene (PE) and oriented polypropylene/ cast polypropylene (OPP/CPP) were investigated. The effects of above mentioned treatments were examined using Completely Randomized Design on the moisture, total fat, firmness, peroxide value and conjugated trienes, fatty acid profile and sensory properties during two months storage at 37°C.

Materials and Methods: The wild almonds used in this research were collected randomly from the Dasht-e-Arjan region in Fars province (Iran). The debittering process of almonds was done by soaking in 4- 6 % (w/v) of NaCl solution for 12 hours at three consecutive days. A certain amount of debittered wild almonds with a uniform size were roasted at 50°C for 60 minutes (light- roasting), 100°C for 45 minutes (medium- roasting) and 200°C for 30 minutes (dark- roasting) in a laboratory toaster (SSN-2004x, Iran). After cooling at room temperature, samples of 100 g were packed using gas flushing packing machine (90SM4, Shadmehr Co., Iran) in three different conditions: a) air atmosphere (in transparent PE pouches, 70- 75 μm thickness), b) modified atmosphere flushed with N_2 gas (in transparent PE pouches, 70- 75 μm thickness), c) modified atmosphere flushed with N_2 gas (in two-layer transparent OPP-CPP pouches, 25 and 50 μm thickness of the first and second layer). The samples were stored for two months at 37°C and 7-8% R.H. At definite time intervals, the samples were analyzed for the moisture content by oven drying, total oil content by the soxhlet method, protein content by the Kjeldahl method, and fiber content through chemical gravimetric method. Extraction of oil from the nut samples was carried out using hexane, as described by Kornsteiner et al. (2009). Peroxide value (PV) was determined by the iodometric assay according to IUPAC standard method 2.501. Conjugated trienes were calculated according to IUPAC Official Method 2.205 based on measuring absorbance of a solution containing 0.01-0.03 g of oil in 25 ml of isooctane. The fatty acid composition of wild almond oils was determined by gas chromatography equipped with flame ionization detection. Hardness of the wild almond was evaluated using a Texture Analyzer (CT3-Brookfield, USA). Sensory evaluation of samples was carried out by 30 trained panelists using a five point hedonic scale. Statistical analysis of completely randomized design with three replications and means comparison in 95% confidence level was employed using the SPSS-19 software.

Results and Discussion: Analysis of variance indicated that the independent effects of roasting conditions, packaging and storage time and the interaction of roasting conditions and storage time on the mentioned parameters were significant ($p<0.01$). With roasting at higher temperatures, the moisture content and hardness decreased significantly while the oil, protein and fiber content of wild almond kernels and the peroxide value (PV) and conjugated trienes (CT) of their oils increased significantly. However, the increase in protein and CT for medium and low roasting conditions and the increase in fiber for medium and high roasting conditions were not significant ($p>0.05$). Moreover, increasing the roasting temperature of wild almond led to a significant increase of palmitic acid and a significant decrease of stearic acid whereas other fatty acids did not change significantly. There was a remarkable increase and then a rapid decrease in the fiber, fat and protein content of all roasted samples during the first and second months of storage, respectively. Whereas the PV and CT of oils increased and the moisture content and hardness decreased significantly during the two- months storage. For each roasting temperature, wild almonds packaged in pouches under N_2 had lower PV and CT of oils and the OPP/CPP pouches under N_2 had better performance in this regard and retaining moisture, fat, protein, fiber content and texture. At the end of storage with PV of 24.6 (meqO_2/kg oil) and K268 of 1.92 the dark-roasted almond sample packaged with PE/air atmosphere was the least stable, and the light-roasted sample packaged with OPP/CPP under N_2 with PV of 5.3

1 and 2. M.Sc. Graduated student and Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Kazerun Branch, Islamic Azad University, Kazerun, Iran
(Corresponding Author Email: ansari@kau.ac.ir)

(meqO_2/kg oil) and K268 of 1.57 was the most stable form against oxidation. According to the results of sensory analysis, the highest overall acceptability score was attributed to the samples roasted at 100°C for 45 minutes.

Keywords: Heat treatment, Packaging, Wild almond, Qualitative properties, Oxidation.